

В. А. Стародубцев,

*доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры общей физики
Томского политехнического университета,*

О. Г. Ревинская,

зав. лабораторией Томского политехнического университета

РАЗВИВАЮЩАЯ РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В информационном обществе приоритетным становится образование, основанное на учебно-воспитательном и развивающем воздействии компьютерных и телекоммуникационных средств опосредованного общения, позволяющих трансформировать информацию, видоизменять ее объем, форму, знаковую систему и материальный носитель, исходя из целей педагогического взаимодействия [1—4]. Роль этих дидактических средств помимо передачи знаний и социального опыта новым поколениям — формирование коммуникативной культуры, адекватной техническому развитию общества. В содержании образования функцию формирования информационно-коммуникативной культуры можно реализовать двояко [5]. Во-первых, в рамках учебных курсов информатики, где ИКТ являются *целью* изучения. Здесь формируются не только знания об устройстве компьютера, навыки программирования и работы с программными средствами, но и общее понимание роли информации в современном мире, ее значения как продукта и средства развития общества. Во-вторых, информационно-коммуникативное образование должно де-факто стать «сквозным», проникающим компонентом если не всех, то большинства дисциплин высшей школы. Информационные, компьютерные и телекоммуникационные технологии, введенные в структуру содержания образования как *средство* преподавания дисциплины и используемые студентами и преподавателями в повседневной учебной, научно-исследовательской и проектной деятельности, будут формировать и закреплять в практическом применении информационно-коммуникативную культуру попутно. Таким образом, необходимость разработки и применения ИКТ и самих по себе, и в составе профессионально ориентированных учебно-методических комплексов яв-

ляется условием адаптации системы высшего образования к новым социально-экономическим условиям информационного общества.

По нашему убеждению, в физическом образовании между конкретно-предметной деятельностью и абстрактно-логическим мышлением должен быть связывающий их переходный этап от эмпирического познания к теоретическому. Он обусловлен объективными закономерностями развития личности в единстве внешнего и внутреннего планов деятельности и должен, с одной стороны, сохранять конкретность и непосредственную наглядность исследуемых объектов и процессов, с другой — обеспечивать возможность перцептивных действий и опосредованную наглядность теоретических понятий. С такой точки зрения трудно найти альтернативу компьютерным моделирующим лабораторным работам, если их педагогическое проектирование и реализация в учебном процессе основаны на традиционных дидактических принципах и их развитии с учетом роли информационных процессов.

Основой физического образования являются физический эксперимент и фундаментальная теория. После освоения техники и методов реального физического экспериментирования в учебных лабораториях (практические действия с материальными объектами, измерительными приборами и т. д.) студенты физико-математических факультетов (а также многих технических) могут перейти к исследованию компьютерных (виртуальных) моделей физических явлений, эффектов и процессов взаимодействия, развивая свое предметно-образное мышление и осваивая методы исследовательской деятельности. В настоящее время опубликованы описания целого ряда компьютерных работ, позволяющих проводить исследование моделей физических процессов раз-

личной сложности [3]. Затем должен быть этап конструирования компьютерных моделей взаимодействия объектов, доступных в рамках компьютерных конструкторов (типа «Интерактивной физики», «Стратум 2000» или авторских разработок). Следующим шагом на пути формирования знаний, умений и навыков применения компьютеров будет математическое моделирование физических процессов на уровне разработки математических моделей и их исследования адекватными средствами (MathCAD, Mathematica и т. п.). На завершающей стадии подготовки бакалавров они должны освоить на уровне пользователей современное программное обеспечение (например, Lab View), предназначенное для компьютеризации физического эксперимента (учебно-исследовательского и научного). Таким образом, цикл подготовки будет завершён возвратом к основам, но на более высоком уровне освоения теории и практики.

Формирование ориентированного на науку мышления, в частности интегративного системного мышления, рассматривается нами как важный компонент фундаментального физического (а также химического, экономического и т. д.) образования. Учитывая неразрывную связь внутреннего и внешнего планов деятельности, при выполнении лабораторных работ необходимо обеспечить системные объекты исследования и систему деятельности по их исследованию. В этом плане большие возможности предоставляет компьютерное моделирование физических процессов как способ создания (конструирования) систем взаимодействующих объектов. Модели отдельных объектов (модель объекта 1, модель объекта 2, ..., модель объекта N) могут быть заданы компьютером (программным обеспечением), тогда как модель системы взаимодействующих объектов должна быть создана пользователем — активным участником, принимающим решения и управляющим компьютером.

Исходным пунктом будет математическая модель (описание свойств) объектов (осцилляторов, упругих шаров и т. д.). Цель компьютерного моделирования, по нашему мнению, заключается в получении нового (для студента) знания о динамике поведения (закономерностях движения) системы взаимодействующих объек-

тов, выявление и описание новых качеств, свойств, которых нет у изолированных объектов (отдельных элементов). Задачей компьютерного эксперимента (как средства достижения цели) становится исследование вариантов состава и структуры системы — параллельного и последовательного соединения элементов, сонаправленного и перпендикулярного движения и т. д. и установление общих, специфических и частных закономерностей, тенденций, функциональных зависимостей, свойств. Определение конкретных характеристик одного из элементов собранной модели системы может быть реализовано в связи с выявлением свойств системы (общих и специфических для отдельных объектов). Главное, по нашему мнению, отойти от стереотипа определения частных свойств объектов (коэффициентов жесткости, модулей упругости, плотности, силы тяжести и т. д.), выражаемых числом (тензором), и перейти к установлению закономерных связей, функциям, тенденциям и развитию, появлению эмерджентных свойств системы. Опора на выявление системных свойств будет формировать и системное мышление студентов. В методическом обеспечении здесь может быть использована идея содержательного конфликта: теория отдельных объектов дана, а теория поведения системы нет. Она должна быть получена (ее элементы по крайней мере) в результате исследовательской (частично-исследовательской) деятельности студентов при выполнении компьютерного эксперимента и анализа его результатов.

Как отмечено выше, важным дидактическим требованием к проектированию компьютерных лабораторных работ является сохранение непосредственной наглядности при выполнении компьютерного эксперимента, создающей связь виртуального процесса с реальным. Образно, с их визуальной привязкой к соответствующим элементам графического отображения процессов, должны быть представлены материализованные объекты и собранная из них система. Это создает эмоциональное восприятие конструкторов, способствует наглядно-образному мышлению. Вместе с тем параллельно должна вводиться опосредованная наглядность — предъявление динамики системы в виде более абстрагированного образа графических

функциональных зависимостей. Комплексность представления информации позволит практически использовать и закрепить приемы предметно-образного и абстрактно-логического мышления (сопоставление, сравнение, отождествление, анализ, формализация, поиск аналогии, обобщение и т. д.). Таким путем может быть реализована развивающая функция компьютерных лабораторных работ как новых средств и условий приобретения знаний.

На представленной основе нами спроектированы и введены в учебный процесс компьютерные лабораторные работы по курсам концепции современного естествознания и общей физики [3, 6]. В числе наиболее наглядных моделирующих работ предлагается исследование колебаний простой системы, содержащей груз и две невесомые пружины. Состав системы изменяется путем выбора объектов (пружины), различающихся по упругим свойствам; структура системы изменяется от последовательного соединения объектов к взаимно перпендикулярному расположению сцепленных пружин. В процессе выполнения работы внимание студентов обращается на появление кооперативных свойств, которые отсутствовали у отдельных объектов: биения, модуляция амплитуды результирующего движения, увеличение степеней свободы (повышение размерности траектории движения), затухание колебательного процесса и т. д. Несмотря на простоту исследуемой системы (а может быть, благодаря ей), наглядно и в разнообразии проявляются эмерджентные (возникающие во взаимодействии элементов) свойства физической системы. Это показывает необходимость учета системных эффектов и в других процессах (биологических, экономических, социальных и т. д.). В цикл последующих работ входит также исследование распада системы на отдельные части, сохраняющие в совокупности фундаментальные свойства начального состояния, и исследование свойств системы с большим числом взаимодействующих частиц.

В развитие положения о возможности формирования компьютерной компетенции студентов в физическом образовании приведем варианты выполнения моделирующих компьютерных работ, предусматривающих составление электронной формы отчета по работе параллельно ходу

учебно-исследовательских действий. После вводно-мотивационной части и ознакомления с планом лабораторной работы по дисциплине «Математическое моделирование физического эксперимента» студенты IV курса начинают оформление отчета с подготовки титульного листа в текстовом процессоре MS Word, формулирования цели работы и записи основных положений (концептуальной модели исследования). Затем выполняются задания этапов работы. Представленные в графической форме на экране компьютера результаты копируются в буфер обмена, обрабатываются с использованием MS Paint и вставляются в отчет. Для набора формул, проверки размерностей и записи численных преобразований в адекватной форме студенты обращаются к редактору MS Equation. Проведение занятия предусматривает фронтальную индивидуально-коллективную работу, когда у каждого из участников имеется индивидуальное задание, из совокупности которых формируется общий учебно-исследовательский проект. Поэтому на определенном этапе занятия производится обмен полученными данными и в MS Excel составляется итоговая таблица данных. Общий результат каждый из участников представляет в виде графических функциональных зависимостей (используя опцию «Мастер диаграмм») и анализирует, при необходимости, с помощью средств математической обработки данных. В конечном счете, ориентируясь на возможное практическое использование результатов проекта, подбираются эмпирические формулы, описывающие установленные закономерности с заданной погрешностью (в исследованном интервале значений). На заключительном этапе преподаватель обсуждает совместно со студентами выводы по работе, фиксирует достигнутые каждым учащимся результаты и дает разрешение на копирование материалов отчетов на дискеты или компакт-диски для последующего завершения отчетов во внеурочное время.

Представленная методика реализована нами, в частности, при выполнении лабораторной работы, моделирующей эффект электризации диэлектрических материалов потоком заряженных частиц, когда при определенных дозах возникает потенциальный барьер, достаточный для отражения самого заряжающего потока.

При расположении слоя диэлектрика на заземленной подложке критическими параметрами являются величины кинетической энергии частиц, толщины слоя диэлектрика и распределение поверхностного заряда. Очевидно, что в данном случае легко составить большое число индивидуальных вариантов заданий и, соответственно, получить достаточно большой объем данных для анализа и обработки.

В другом варианте выполнения компьютерной лабораторной работы, в которой исследуется связь множеств Мандельброта и Жюлиа, студентам предложено представить отчет в программе презентаций MS PowerPoint совместно с использованием средств обработки изображений и формул. Целесообразность такой формы отчетности обусловлена спецификой объектов исследования, необычайной выразительностью и живописностью геометрической формы фракталов, особенно в многоцветном представлении. В данном случае преподавателем задается минимально необходимая ориентировочная основа деятельности, в частности используется видеофильм по теме исследования, и ставится цель самостоятельно сформулировать себе индивидуальное задание для исследования конкретного соответствия получаемых выходных данных с областями значений входных параметров на множестве Мандельброта. Отсутствие жестко заданных условий ставит студентов в позицию самостоятельного обоснования выбора цели исследования и творческого подхода к представлению полученных результатов. Как правило, это вызывает позитивную мотивацию к выполнению работы и приводит к неповторяющимся, оригинальным отчетам. При этом в процессе подготовки отчетов-презентаций присутствует элемент конкуренции студентов, проявляется желание показать имеющийся опыт.

Таким образом, наряду с достижением исследовательской цели лабораторного занятия естественным и деятельностным путем закрепляется навык обращения к типовым компьютерным инстру-

ментальным средствам, применяемым в реальной инженерной деятельности. Отчет по лабораторной, учебно-исследовательской или выпускной работе становится индикатором достигнутой общепрофессиональной компетенции, умения работать по безбумажной технологии, когда результаты работы могут быть переданы преподавателю (или другому потребителю) в электронной форме. Электронная форма отчета остается и у исполнителя-студента, пополняя его персональную электронную библиотеку. В целом закрепляется стиль деятельности, адекватный уровню общей информатизации сферы образования.

В заключение отметим, что в современных условиях возникает педагогическая задача противостоять потребительскому стилю жизни, в котором навязываются не только «готовые к употреблению» продукты, но и готовые стереотипы поведения и мышления. В этом плане компьютерные лабораторные работы имеют вполне определенный потенциал воспитания учащихся, поскольку они направлены помимо прочего на развитие потребности размышлять и критически анализировать результаты своей деятельности.

Литература

1. *Брановский Ю. С.* Введение в педагогическую информатику: Учеб. пособие. Ставрополь: Изд-во СГПУ, 1995.
2. *Веряев А. А.* Семиотический подход к образованию в информационном обществе. Барнаул: Изд-во БГПУ, 2000.
3. *Стародубцев В. А.* Компьютерные и мультимедийные технологии в естественнонаучном образовании. Томск: Дельтаплан, 2002.
4. *Стародубцев В. А.* Использование информационных технологий на лекциях по естественнонаучным дисциплинам // Информатика и образование. 2003. № 1.
5. *Леднев В. С.* Содержание образования: Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1989.
6. *Кравченко Н. С., Ревинская О. Г.* Изучение основных законов механики с помощью моделирующих лабораторных работ на компьютере // Материалы XV Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». Троицк: Тривант, 2004.